

зависят от состояния зубчатых колес и могут быть использованы для диагностики РМК в процессе эксплуатации самосвала.

Выводы. Разработанные методические подходы к оценке остаточного ресурса зубчатых колес на контактную выносливость и износостойкость позволяют при проведении ресурсных испытаний зубчатых передач прогнозировать их остаточный ресурс по результатам периодического вибромониторинга, с рассмотрением каждой пары зацепляющихся зубьев как отдельного объекта испытаний. Предлагаемая методика позволяет более чем на порядок сократить длительность трудоемких и дорогостоящих ресурсных испытаний зубчатых колес, ускорить внедрение новых перспективных материалов и технологий упрочнения, улучшающих эксплуатационные свойства зубчатых передач приводов автотракторной техники.

Созданная автоматизированная система безразборной оценки технического состояния редукторов мотор-колес большегрузных самосвалов производства БелАЗ предназначена для своевременного предупреждения в условиях карьерной эксплуатации машины о предаварийном состоянии РМК для исключения ситуаций, связанных с аварийным выходом автомобиля из строя. Применение бортовой системы вибромониторинга обеспечит повышение сроков службы и эксплуатационной надежности техники, переход от планово-предупредительного обслуживания машин к обслуживанию по фактическому состоянию, снижение времени простоя самосвалов, сокращение затрат на их обслуживание и ремонт.

Список литературы: 1. Барков А.В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. / А.В. Барков, Н.А. Баркова. – С.-Петербург, 2000. – 158с. 2. Paul D. Samue., Planetary Transmission Diagnostics / Paul D. Samuel, Joseph K. Conroy and Darryll J. Pines // Glenn Research Center, NASA/CR-2004-213068 82, 2004, 83р. Режим доступа <http://gltrs.grc.nasa.gov> 3. ГОСТ 21354-87. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность. – Введен 01.01.1989. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 76с. 4. ISO 6336-5-2003. Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 5: Strength and quality of materials. 5. РД 50-639-87 Методические указания. Надежность в технике. Расчет показателей надежности. – М.: Изд-во стандартов. 1987. – 51с. 6. Ишин Н.Н. Вибромониторинг остаточного ресурса зубчатых передач / Н.Н. Ишин, А.М. Гоман, А.С. Скороходов // Вестник БрГТУ. Машиностроение. – 2008. – №4(52) – С.52-58. 7. Пат. 4261 С2 ВУ, МПК G01M 13/02. Способ вибрационной диагностики нагруженности зубьев зубчатых передач при испытаниях / Берестнев О.В., Ишин Н.Н., Басинюк В.Л., и др. – Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. камітэт Рэсп. Беларусь. – 2001. – №4. – С.171-172. 8. Ishin N.A. Method of contact endurance determination of gearing by accelerated gear testing / N. Ishin, A. Goman, V. Starzhinsky // Journal "Machine Design", Serbia. – 2010. – P.283-286. 9. Хорешок А.А. Метод комплексного диагностирования редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов в условиях предприятий ОАО "УК Кузбассразрезуголь" / А.А. Хорешок, А.В. Кудреватых // Горная промышленность. – 2010. – №5(93). – С.60-64. 10. Пат. 5721 ВУ, МПК G01M 13/02. Устройство для диагностики зубчатых передач / Н.Н. Ишин, В.И. Адашкевич, А. С.Скороходов и др. – №u20090329; заявл. 17.04.2009. Афіцыйны бюлетэнь / Дзярж. пат. камітэт Рэсп. Беларусь. – 2010. – №1.

Поступила в редколлегию 22.03.11

УДК 621.833.002:621.9

И.А. КИРИЧЕНКО, д.т.н., зав. кафедрой метрологии СЧУ им. В. Даля, г. Луганск

А.Л. КАШУРА, к.т.н., доцент каф. метрологии СЧУ им. В. Даля

С.Б. ВОРОНЦОВ, магистр каф. системной инженерии СЧУ им. В. Даля

А.В. ВИТРЕНКО, ассистент каф. орган. перевозок на ж/д трансп. СЧУ им. В. Даля

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ КВАЗИГЛОБОИДНЫХ ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

В статье изложен общий метод решения вопросов, связанных с формообразованием квазиглобоидных червячных фрез.

У статті викладений загальний метод вирішення питань, пов'язаних з формоутворенням квазіглобоїдних черв'ячних фрез.

The article presents general method of solution of the questions connected with quasi-hyperbola gear hobs form-shaping.

Искажение профиля зубьев червячной фрезы получается в результате переточек. Отсюда следует, что необходимо добиться того, чтобы червячная фреза по своим размерам и профилю соответствовала, с которым должно работать нарезаемое червячное колесо. Задача исключительно сложная.

Постановка задачи исследования. Для получения высококачественного зацепления элементов червячной передачи необходимо, чтобы червячная фреза по своим размерам и профилю соответствовала червяку, с которым должно работать нарезаемое ею червячное колесо.

Изложение основного материала. Каждая вновь изготовленная червячная фреза удовлетворяет этому требованию только до первой заточки. Заточка затылованной фрезы уменьшает ее диаметр, приближая профиль режущих кромок зубьев к ее оси (рисунок 1).

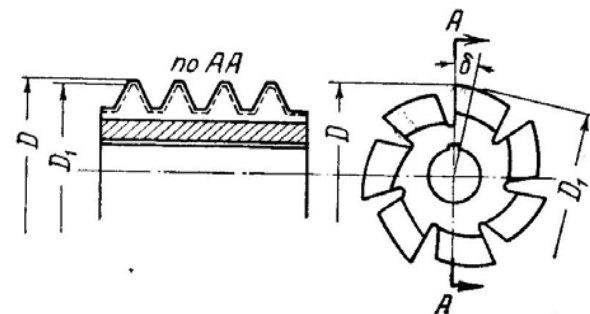


Рисунок 1 – Схема уменьшения диаметра червячной фрезы вследствие переточки

Последнее при нормальной настройке станка вызывает уменьшение высоты зубьев нарезаемого червячного колеса, что исключает возможность правильного зацепления его с червяком, изготовленным по размерам чертежа [1].

Отмеченный недостаток устраняется путем приближения оси червячного колеса к оси фрезы на половину величины уменьшения диаметра фрезы после переточки (рисунок 2, размер а).

Уменьшение межосевого расстояния вместе с уменьшением диаметра фрезы и связанным с этим изменением углов подъема винтовых линий фрезы и зубьев червячного колеса приводит к искажению профиля рабочих поверхностей зубьев.

С увеличением угла подъема червяка эти ошибки и искажения возрастают, особенно резко сказываясь на качестве зацепления и работе многозаходных червячных пар.

Для ослабления отмеченных недостатков существует много способов. Все они могут быть подразделены на две группы: 1) способы, направленные на компенсацию ошибок, вызываемых переточкой червячных фрез; 2) способы, направленные на устранение причин, порождающих появление этих ошибок.

Рассмотрим несколько способов, относящихся к первой группе.

1. Новая червячная фреза изготавливается несколько большего диаметра, вследствие чего ошибки, получающиеся на нарезаемых ими червячных колесах, вначале располагаются по одну сторону теоретического профиля и размеров, уменьшаясь по мере дальнейших переточек фрезы до нуля, после чего снова возрастают с дальнейшим уменьшением диаметра фрезы, располагаясь в противоположном направлении.

2. Ось переточенной червячной фрезы устанавливают под углом к оси нарезаемого колеса с таким расчетом, чтобы обеспечить равенство их средних углов подъема.

3. Изготавливают червяки, соответствующие по своему профилю и размерам переточенной червячной фрезе, при помощи шлифования на специальных станках с использованием переточенной фрезы в качестве копира.

4. Для чистового нарезания используют червячные фрезы с малой величиной затылования или шевер.

Недостаток способов, относящихся к первой группе, состоит в необходимости перехода от абсолютной взаимозаменяемости червячных колес к взаимозаменяемости в пределах групп червячных колес, получаемых в результате их обработки фрезой между двумя их переточками.

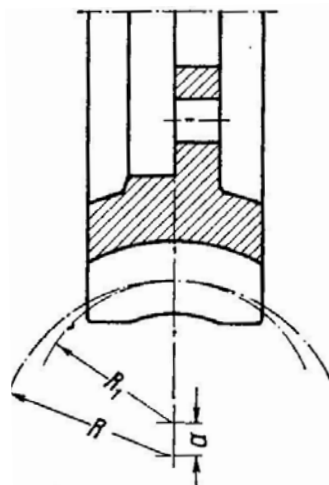


Рисунок 2 – Схема смещения оси червячной фрезы после переточки для получения нормальной высоты зуба червячного колеса

Способы, относящиеся ко второй группе, в большинстве случаев, свободны от отмеченного недостатка. Рассмотрим несколько примеров.

1. Применение комбинированной червячной фрезы, состоящей из двух частей режущих зубьев (рисунок 3). Назначение одной части зубьев – производить черновое нарезание; другой части – чистовое профилирование.

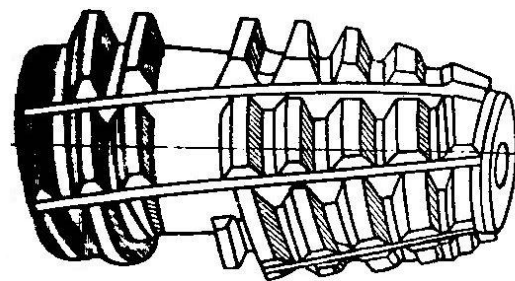


Рисунок 3 – Комбинированная червячная фреза

Под чистовое нарезание оставляется небольшой припуск, вследствие чего переточка зубьев для чистового профилирования производится значительно реже. Раздельная переточка обеих частей фрезы дает возможность сократить величину ошибок, получающихся на нарезаемых червячных колесах. Между двумя частями зубьев на фрезе сделана выточка для выхода шлифовального круга при раздельной заточке каждой части зубьев.

2. Значительно лучшие результаты получаются при нарезании червячных колес специальной фрезой сборной конструкции (рисунок 4). Отличительной особенностью этой фрезы является конструкция профилирующей цилиндрической части, состоящей из двух зубчатых секций, разделенных промежуточной шайбой 1. В процессе нарезания червячного колеса зубья каждой секции работают только одной из своих режущих кромок (рисунок 5). Благодаря этому два зуба различных секций профилируют противоположными режущими кромками один и тот же зуб нарезаемого колеса. Компенсация уменьшенной при переточке толщины режущего зуба производится путем изменения на соответствующую величину промежуточного кольца. Таким образом, калибрующая часть фрезы после каждой переточки восстанавливается в соответствии с размерами и профилем червяка.

3. Использование для чистового нарезания червячных колес специального режущего инструмента по патенту фирмы Дэвид Браун. Этот инструмент имеет форму удлиненного червяка 1, на рабочих поверхностях которого нарезаны мелкие зубья 2 (рисунок 6). Назначение этих зубьев – снимать небольшую стружку с поверхностей зубьев червячного колеса, предварительно нарезанного обычной червячной фрезой. Малый износ режущих кромок этого инструмента обеспечивает получение червячных колес, отличающихся высокой точностью, правильностью профиля и чистотой рабочих поверхностей зубьев. Недостаток червячных фрез по патенту Д. Брауна заключается в том, что они изготавливаются для нарезания лишь червячных колес эвольвентного зацепления.

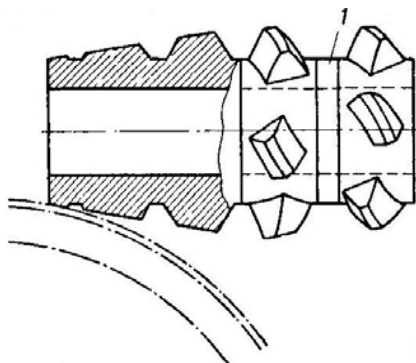


Рисунок 4 – Червячная фреза сборной конструкции

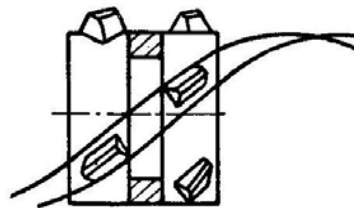


Рисунок 5 – Схема работы фрезы сборной конструкции

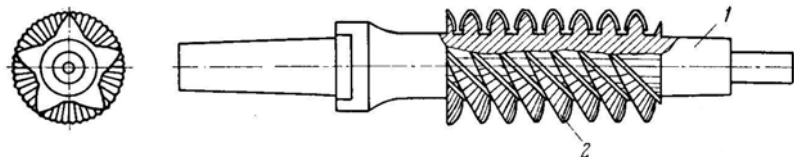


Рисунок 6 – Червячная фреза "Дэвид Браун"

Из теории зацеплений известно, что производящий червяк является воображаемым червяком, которые описываются режущими кромками искомого инструмента. Режущие кромки получаются в результате пересечения двух плоскостей: передней плоскости, получаемой в результате заточки и задней плоскости, получаемой в результате затылования. Эти две плоскости являются очень сложными. Передняя плоскость должна быть заточена под углом $\delta=0$ (в противном случае получают геометрические искажения из-за затыловки). При этом угле процесс резания обычно неудовлетворительный. Из теории резания известно, что угол δ должен быть в пределах $\delta \pm 30^\circ$ в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости, а также твердости режущего инструмента [2, 3].

Рассмотрим затылования искомого инструмента, то есть червячных фрез. Это выполним, для примера через определения формы задней поверхности червячных фрез.

Форма задней поверхности червячной фрезы должна быть такой, чтобы:

- а) во всех точках ее режущих кромок были обеспечены необходимые для работы фрезы задние углы;
- б) после переточки фрезы каждая ее режущая кромка лежала на поверхности основного червяка;
- в) выполнялись требования технологичности.

Подход к проектированию формы задней поверхности червячной фрезы в значительной мере зависит от того, имеется ли у фрезы возможность регулирования положения режущих кромок после переточки ее зубьев. Если кон-

струкция фрезы позволяет после каждой переточки восстанавливать положение режущей кромки на поверхности основного червяка (путем перемещения зубьев), то в этом случае задняя поверхность зубьев фрезы должна быть такой, чтобы после каждой переточки форма режущей кромки оставалась без изменения. Для выполнения этого требования достаточно, чтобы задняя поверхность представляла собой одну из поверхностей, допускающих движение самих по себе, то есть, или поверхность вращения, или винтовую поверхность, или цилиндрическую.

В большинстве случаев конструкция фрезы не допускает регулирования положения зубьев, и поэтому после каждой переточки за счет заднего угла ее наружный, а, следовательно, и начальный радиусы уменьшаются. Уменьшение радиуса $r_{нч}$ приводит к тому, что после каждой переточки меняется теоретически требуемые форма передней поверхности (если она винтовая) и форма основного червяка. Вследствие этого для получения заданной формы зубчатой детали каждая режущая кромка фрезы как линия пересечения передней и задней поверхностей после каждой переточки должна иметь различную форму: $B_n K_n$; $B_{n1} K_{n1}$; ... (рисунок 7). Если одноименные точки A_{n1}, A_{n2}, \dots этих режущих кромок соединить линиями, то тогда задняя поверхность фрезы будет определяться сетью координатных линий, составленной из режущих кромок (форма которых различна), и линий, соединяющих одноименные точки режущих кромок (форма этих линий также различна).

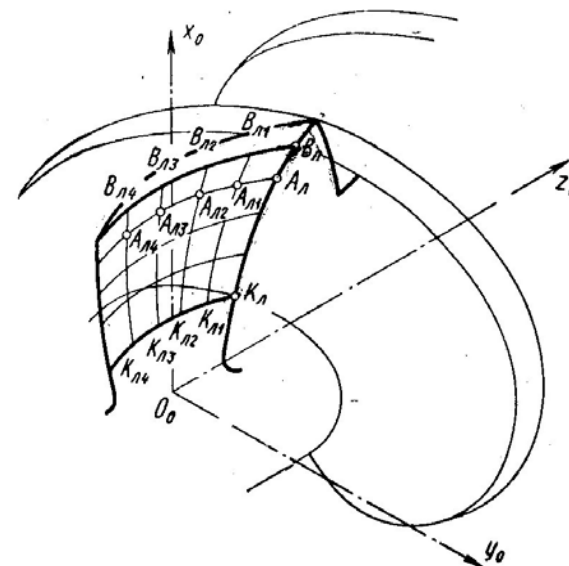


Рисунок 7 – Сеть координатных линий на боковой затылованной поверхности червячной фрезы

Полученную поверхность можно обработать только таким затылюющим инструментом (резцом, шлифовальным кругом и др.), который будет иметь с ней точечный контакт, причем инструмент в процессе обработки должен совершать движения, рассчитанные в зависимости от формы ее координатных линий. Последнее выполнить очень сложно. В частности, на обычных затыловочных станках указанные движения осуществить нельзя, так как затылюющий инструмент управляется только одним кулачком. Получить такую форму задней поверхности зуба червячной фрезы каким-либо затылюющим инструментом при его линейном контакте с этой поверхностью нельзя даже теоретически. Поэтому все применяемые в настоящее время способы получения задней поверхности зубьев червячной фрезы являются приближенными [4].

Каждый из этих способов предусматривает, что теоретически точную заднюю поверхность червячной фрезы можно заменить другой поверхностью, которая более удобна в технологическом отношении, а по форме мало отличается от теоретически точной задней поверхности. Подбор заменяющей поверхности в каждом конкретном случае обработки детали достигается частичным изменением формы режущих кромок червячной фрезы, формы кривой затылования, направления затылования, профиля и положения затылюющего инструмента. Окончательным инструментом, затылюющим заднюю поверхность червячной фрезы, является, как правило, шлифовальный круг. Поэтому в качестве заменяющей поверхности желательно брать такую, которую можно получить производящей поверхностью шлифовального круга и легко контролировать. С этой технологической точки зрения наиболее близко к теоретической форме задней поверхности червячной фрезы подходит винтовая поверхность.

В предлагаемой статье искомый затылованный инструмент заменен на незатылованный, что позволяет повысить точность и снизить затраты на изготовление зубчатых колес.

На рисунке 8 показана схема формообразования квазиглобоидного червяка незатылованным производящим инструментальным колесом 2. Гиперболоидный профиль получаем при помощи круглого эвольвентного инструментального колеса. Это колесо не затылуется или остро не затачивается и имеет передний угол $\delta \pm 30^\circ$, который зависит от обрабатываемого материала и его твердости, а также твердости инструмента. Задние углы получаются автоматически и зависят от угла γ_3 и линейного размера h . В свою очередь, величина угла γ_3 и линейный размер h зависят от конструктора машин, куда входит рассматриваемая зубчатая передача, то есть зависят от диаметра выбранной квазиглобоидной заготовки в горловом сечении и

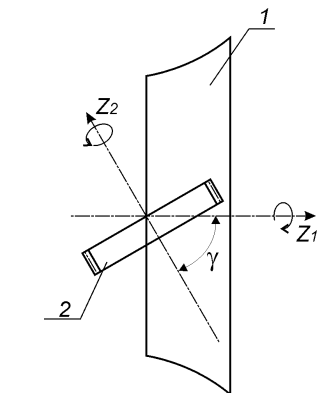


Рисунок 8 – Схема формообразования квазиглобоидной заготовки (колеса)

выбранной величины h , которая зависит от угла β .

При формообразовании квазиглобоидной заготовки круговая режущая кромка описывает цилиндрическую производящую поверхность. Диаметр круговой режущей кромки равен наружному диаметру цилиндрического прямозубого колеса за вычетом $0,5m_n$. Задние углы на инструментальном цилиндрическом колесе равны 0° , т.е. затыловка или острая заточка отсутствуют.

Выводы:

1. Профилирование витков осуществляется при помощи незатылованных производящих колес.
2. Использование незатылованных режущих инструментов снижает себестоимость изготовления квазиглобоидных червяков.
3. Предложенная схема формообразования квазиглобоидных витков (зубьев) позволяет получить линейный контакт при любом передаточном числе.
4. Предложенная схема формообразования квазиглобоидных витков (зубьев) позволяет их уменьшить в готовом изделии примерно в десять раз, что значительно уменьшит вес проектируемого редуктора (мультипликатора).

Список литературы: 1. Балакишин Б.С. Технология станкостроения. – М.: Машгиз, 1949. – 543с. 2. Кириченко И.А. Создание гиперболических передач с линейным контактом зубьев на базе специальных режущих инструментов: Дисс... докт.техн.наук: 05.02.02 / Ирина Алексеевна Кириченко. – Луганск, 2004. – 350с. 3. Лашнев С.И. Формообразование зубчатых деталей реечными и червячными инструментами. – М.: Машиностроение, 1971. – 215с. 4. Родин П.Р. Основы формообразования поверхностей резанием: [Учеб. пособие для мех. специальностей вузов]. – К.: Вища школа, 1977. – 192с.

Поступила в редколлегию 16.04.11

УДК 621.833

В.И. КОРОТКИН, к.т.н., зав. лабораторией НИИМ и ПМ им. И.И. Воровича ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
Ю.Д. ХАРИТОНОВ, к.т.н., старший научный сотрудник НИИМ и ПМ ЮФУ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕОМЕТРИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НОВИКОВА С АРОЧНЫМИ ЗУБЬЯМИ

Рассмотрены некоторые вопросы геометрии цилиндрических зубчатых передач Новикова с арочной формой зубьев применительно к используемому на практике исходному контуру РГУ-5, включая уравнения боковых поверхностей зубьев и линий зацепления, элементы качества зацепления, приведенные выражения для определения главных кривизн. Полученные результаты легли в основу разработанных вычислительных программ для оценки прочностных характеристик данного зацепления.